

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-267552

[ST.10/C]:

[JP2002-267552]

出 願 人

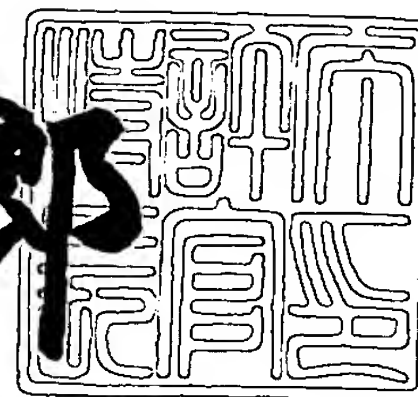
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 6月16日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3046692

【書類名】 特許願
 【整理番号】 K02013101A
 【あて先】 特許庁長官殿
 【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 大津 孝佳

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 重松 恵嗣

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 西岡 浩一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 今川 尊雄

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 片岡 宏治

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 荒沢 正敏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 宮本 詔文

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果磁気ヘッド及び磁気記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反強磁性膜と、前記反強磁性膜に接して形成されて前記反強磁性膜との交換結合磁界により磁化方向が固定された固定磁性層と、前記固定磁性層に接する非磁性導電膜と、前記非磁性導電膜に接する自由磁性層を備え、

前記自由磁性層は、非磁性中間膜を挟む第 1 及び第 2 の自由磁性膜を有し、前記第 1、第 2 の自由磁性膜の磁化方向が反並行であり、前記自由磁性層のトラック幅方向の長さが 200 nm 以下であり、前記第 1 と第 2 の自由磁性膜の各々の飽和磁束密度と膜厚との積の差が 1~3 nmT の範囲であることを特徴とする磁気抵抗効果磁気ヘッド。

【請求項 2】

反強磁性膜と、前記反強磁性膜に接して形成されて前記反強磁性膜との交換結合磁界により磁化方向が固定された固定磁性層と、前記固定磁性層に接する非磁性絶縁層と、前記非磁性絶縁層に接する自由磁性層を備え、

前記自由磁性層は、非磁性中間膜を挟む第 1 及び第 2 の自由磁性膜を有し、前記第 1、第 2 の自由磁性膜の磁化方向が反並行であり、前記自由磁性層のトラック幅方向の長さが 200 nm 以下であり、前記第 1 と第 2 の自由磁性膜の各々の飽和磁束密度と膜厚との積の差が 1~3 nmT の範囲であることを特徴とする磁気抵抗効果磁気ヘッド。

【請求項 3】

反強磁性膜と、前記反強磁性膜に接して形成されて前記反強磁性膜との交換結合磁界により磁化方向が固定された固定磁性層と、前記固定磁性層に接する導電膜と、前記導電膜に接する自由磁性層を備え、

前記自由磁性層は、非磁性中間膜を挟む第 1 及び第 2 の自由磁性膜を有し、前記第 1、第 2 の自由磁性膜の磁化方向が反並行であり、前記自由磁性層のトラック幅方向の長さが 200 nm 以下であり、前記第 1 と第 2 の自由磁性膜の各々の飽和磁束密度と膜厚との積の差が 1~3 nmT の範囲であることを特徴とする磁気抵抗

効果磁気ヘッド。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 つに記載の磁気抵抗効果磁気ヘッドにおいて、前記自由磁性層の側面に磁区制御膜が存在することを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 つに記載の磁気抵抗効果磁気ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、非磁性中間膜を挟む第 1 及び第 2 の固定磁性膜を有し、前記第 1、第 2 の固定磁性膜の磁化方向が反平行であることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つの磁気抵抗効果磁気ヘッドを用いたことを特徴とする磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は磁気記録装置の磁気ヘッドにかかわり、特に高密度記録を実現する磁気記録装置に関わるものである。

【 0 0 0 2】

【従来の技術】

【特許文献 1】

特開平11-53716号公報

【特許文献 2】

米国特許公報USP5,408,377

【特許文献 3】

特開2000-113418号公報

【非特許文献 1】

日本応用磁気学会誌vol.24,367-370(2000)

【非特許文献 2】

日本応用磁気学会誌vol.24, No.9, 2000, p1239-1249

近年の磁気記録装置の高密度化に伴い、再生用ヘッドとして磁気抵抗効果を有するスピバルブ膜をセンサ膜に用い、永久磁石層隣接型(Abuted Junction)を磁区制御に用いたGMRヘッドが実用化されており、再生トラック幅の狭小化が進んでいる。図2に従来の永久磁石層隣接型の磁気ヘッドの構造を示す。この構造では、2つの磁気シールドである下部磁気シールドS1と上部磁気シールドS2に挟まれてGMRセンサ膜1、永久磁石層2及び電極膜4が存在する。GMRセンサ膜1の端部に隣接して永久磁石層2が配置され、その直上に電極膜4が配置されている。永久磁石層2と電極膜4はGMR膜に電流を流すための電極の役割を果たしており、永久磁石層2はGMR膜1を構成する自由層30に磁界を与え単磁区化する磁区制御の役割を果たす。永久磁石層2からの磁界は永久磁石層2に近いほど大きいため、GMR膜の永久磁石層近傍の微小領域は、磁界によって自由層の磁化回転が抑制され、その結果センサ感度の低い領域が生じる。以下この領域のことを「低感度領域」と称する。図中にセンサの感度分布を示すが、山形の感度分布の両脇の裾の領域が「低感度領域」6を表す。低感度領域は永久磁石層端部から $0.05 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 程度存在する。再生トラック幅が例えば1ミクロン程度と大きい場合には再生トラック幅に占める低感度領域の割合は2割程度であり、あまり問題とならないが、再生トラック幅が狭小化すると、低感度領域の再生トラックに占める割合が増大し再生出力が急激に低下する。

【0003】

図3にMR高さ一定でセンス電流一定にした場合の再生出力の再生トラック幅依存性を示す。トラック幅が減少するにつれて再生出力は、図中の点線で示す比例関係よりも急激に減少しており、外挿すると実効トラック幅0.15ミクロンで出力ゼロとなってしまう。記録密度70Gb/in²以上では再生実効トラック幅は0.2ミクロン以下が必要であり、ハードディスクドライブを正常に駆動するためには再生出力として1mV程度必要とされるため、従来の永久磁石隣接型(Abuted Junction型) GMRヘッドでは再生出力が小さすぎるために記録媒体に書き込まれた情報を再生することができなくなってしまう。

【0004】

このような再生トラックの狭小化に伴う急激な再生出力低下を防ぐために、特許文献 1 や非特許文献 1 に示されるような電極オーバーラップ型 GMR ヘッドが提案されている。

【 0 0 0 5 】

図 4 にその構造を示す。所望の幅に形成された GMR センサ膜 1 の両脇に隣接して一対の永久磁石層 2 を有し、その永久磁石層 2 の上に一対の電極膜 4 を有し、この電極膜 4 は GMR 膜 1 にオーバーラップする構造をしており、一対の電極膜間 4 の間隔 DLD は一対の磁区制御膜 2 の間隔 DCD より小さくなっている。この構造では、GMR 膜 1 で主に電流が流れるのは一対の電極に挟まれた図中の DLD の部分であることからセンサ膜の感度を有する領域は図中の DLD の領域であり、永久磁石はこの領域から十分にはなれて配置されているために DLD の領域の感度低下を起こすことはないと期待された。

【 0 0 0 6 】

ところが、センサの感度分布を詳細に調べると、図 4 に示すようにセンサ膜の有する感度分布は DLD で示される電極で挟まれる領域よりも広く分布しており、再生トラック幅は電極間隔 DLD よりも大きくなることが分かった。したがって、所望の再生トラック幅を得るためには、電極膜間隔 DLD を所望の幅より小さくすることが必要であることがわかった。再生トラック幅が DLD よりも大きくなる理由は、電極直下の自由層に入った媒体磁束が DLD の領域の自由層にまで伝播し GMR センサ膜の抵抗変化を引き起こしてしまうためである。この問題を回避する方法としては、再生トラック幅が電極膜間隔 DLD に比べて広くなることを予め見込んで、電極膜間隔 DLD を狭くする方法である。しかしながら、この方法では、より一層狭い電極膜間隔 DLD を作るフォトリソプロセス技術が必要となるために、作成プロセス上の困難を伴う。

【 0 0 0 7 】

一方、センサの感度を向上させる他の手段として、磁区制御力を下げることが、上げられる。しかしながら、センサ膜端部での電極 4 や磁区制御膜（永久磁石層 2）の乗り上げ量のばらつきや角度のばらつきによって、磁区制御が不十分になってしまい、波形変動の原因となってしまう。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

上述のように、従来の永久磁石隣接 (Abutted Junction) 型での再生トラック狭小化に伴う出力の急激な低下をとまなうという問題点を克服し、再生感度の大きく、波形変動の少ない狭再生トラック幅を有する再生ヘッドを実現することにある。高いトラック密度に対応したトラック幅の狭小化に伴う課題として、磁氣的トラック幅の狭小化の課題がある。特に、再生の場合の問題が重要である。これは、磁区制御磁界の影響により、幾何学的なトラック幅の端部の磁化が動きにくく、感度の無い不感帯が存在することによる。つまり、トラック幅が狭くなるにつれて不感帯の占める割合が大きくなり、再生出力の低下が顕在化することになる。特に 200 nm 以下において大きな問題となってくる。そのため、リードオーバーレイ構造や磁気抵抗効果率の大きな磁性膜の磁気ヘッドが知られている。リードオーバーレイ構造は自由層の幅よりも電極間隔を狭くする必要があり、200 nm 以下の狭いトラック幅においては、リソグラフィーでの形成が困難であることや、自由層の幅と電極間隔の合わせばらつきによってトラック幅がばらついてしまうために狭いトラック幅に用いることは困難である。

【 0 0 0 9 】

一方、磁気抵抗効果率の大きなCoFe単層膜のような高い飽和磁化の磁性膜を用いて、抵抗変化率の大きな構成も検討されているが、飽和磁化を大きくするほど磁区制御の大きさも大きいものが必要となるため、実際に狭いトラックでの効果は大きくない。つまり、磁区制御を弱くすれば磁気抵抗効果率の大きさに準じて大きな出力は得られるものの磁氣的な不安定性が大きくなってしまうため、磁区制御を強くせざるを得ない。また、自由層を積層フェリ構造のものも検討され、特許文献2や特許文献3に記載されている。これは、磁氣的な実効膜厚が薄くなるために、自由層の磁化方向が僅かな大きさの外部磁界によって容易に変動し、感度が高くできるというものである。しかしながら、非特許文献2で述べられているように、実際のヘッドではセンス電流によるジュール熱や高温のドライブ内環境下で縦バイアス磁界や横バイアス磁界が作用した状態でも積層フェリ自由層は反平行を保っている必要があり、もし部分的にでも反平行状態が崩れるとトラ

ックプロファイルの乱れにつながってしまうという課題があった。また、反平行結合強度の膜厚意依存性が著しく顕著であり、膜厚制御が難しいという問題があった。

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 2 と特許文献 3 にはトラック幅に関する記載は無く、磁性膜構造での検討からのものに過ぎず、狭トラックでの効果については不明である。また、非特許文献 2 では計算結果としてトラック幅 400nm という幅の広い領域での検討結果である。しかし、この領域では不感帯の占める割合が小さく、不感帯の問題は検討されていない。つまり、狭トラック幅の磁気ヘッドのトラック端部での磁化の振る舞いと不感帯との関係はこれまでの検討では不明確であると言える。

【 0 0 1 1 】

本発明者らは、不感帯の問題はトラック幅が 200nm 以下のときに顕在化するものであることを見出し、トラック幅が 200nm 以下で、安定な再生出力を得る手段を具体化した。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

再生出力を増加させるためにのもう 1 つの手段として利用率の向上がある。これはトラック幅内での磁化回転の不均一性を低減し、感度を向上させようとするものである。その方法として、トラック幅が 200nm 以下において、自由層積層フェリ構造との組み合わせることによって、実現されることを本発明によって明らかにした。本発明に至るに当たって、発明者らは 200nm 前後のトラック幅の異なるヘッドの試作を行った。この領域でのフォトリソグラフィ技術としては従来の i 線プロセスでは限界であり、新たに KrF プロセスを採用した。

【 0 0 1 3 】

その結果、従来技術では検討が出来なかった 200nm 以下の領域での検討を行うことが可能となったものである。

【 0 0 1 4 】

実験データによれば、トラック幅が 200nm 以上では出力のばらつきが大きく

なってしまう。また、アシンメトリーのばらつきも大きく、縦バイアスや横バイアスの作用を含め、バイアス状態に大きなばらつきが生じていることを示している。つまり、従来技術で懸念されていたことと同様の結果である。

【 0 0 1 5 】

ここで、本発明であるトラック幅が 2 0 0 nm 以下のヘッドでは、出力ばらつきもアシンメトリーばらつきも大幅に低減され実用化のレベルに至ることが発見されたのである。

【 0 0 1 6 】

つまり、本発明の解決手段は下記の通りである。

- (1) 反強磁性膜と、前記反強磁性膜に接して形成されて前記反強磁性膜との交換結合磁界により磁化方向が固定された固定磁性層と、前記固定磁性層に接する非磁性導電膜と、前記非磁性導電膜に接する自由磁性層を備え、前記自由磁性層は、非磁性中間膜を挟む第 1 及び第 2 の自由磁性膜を有し、前記第 1、第 2 の自由磁性膜の磁化方向が反並行であり、前記自由磁性層のトラック幅方向の長さが 2 0 0 nm 以下であり、前記第 1 と第 2 の自由磁性膜の各々の飽和磁束密度と膜厚との積の差が 1 ~ 3 nmT の範囲であることを特徴とする磁気抵抗効果磁気ヘッド。
- (2) 反強磁性膜と、前記反強磁性膜に接して形成されて前記反強磁性膜との交換結合磁界により磁化方向が固定された固定磁性層と、前記固定磁性層に接する非磁性絶縁層と、前記非磁性絶縁層に接する自由磁性層を備え、前記自由磁性層は、非磁性中間膜を挟む第 1 及び第 2 の自由磁性膜を有し、前記第 1、第 2 の自由磁性膜の磁化方向が反並行であり、前記自由磁性層のトラック幅方向の長さが 2 0 0 nm 以下であり、前記第 1 と第 2 の自由磁性膜の各々の飽和磁束密度と膜厚との積の差が 1 ~ 3 nmT の範囲であることを特徴とする磁気抵抗効果磁気ヘッド。
- (3) 反強磁性膜と、前記反強磁性膜に接して形成されて前記反強磁性膜との交換結合磁界により磁化方向が固定された固定磁性層と、前記固定磁性層に接する導電膜と、前記導電膜に接する自由磁性層を備え、前記自由磁性層は、非磁性中間膜を挟む第 1 及び第 2 の自由磁性膜を有し、前記第 1、第 2 の自由磁性膜の

磁化方向が反並行であり、前記自由磁性層のトラック幅方向の長さが200nm以下であり、前記第1と第2の自由磁性膜の各々の飽和磁束密度と膜厚との積の差が1～3mTの範囲であることを特徴とする磁気抵抗効果磁気ヘッド。

【0017】

【発明の実施の形態】

本発明は、情報記録及び取り出しシステムとして特に有用なものであり、そこでは、情報は磁性媒体上の磁区の配列として記録されることとなっている。磁性媒体としては、どのような種類のものでもよく、例えば、磁気テープ、一つまたは複数のハードディスク、あるいは一つまたは一つまたは複数のフレキシブルディスク等がある。磁区は、通常、トラックに添って配置され、トラックの構成としては、円環状、渦巻き状、らせん状、もしくは不定長のものがある。代表的な情報記録および取り出し装置において、汎用計算機は、ネットワーク、キーボード、スキャナー、もしくはこれら相当のものとの間に一つもしくは複数のインターフェースをもつ入力装置を介して入力情報を受け取る。計算機は、一つもしくは複数の入力装置への接続に加え、一つもしくは複数の出力装置に出力することが可能である。この出力装置としては、計算機とインターフェースを介して接続する、ネットワーク、プリンタ、表示装置、あるいはモデム等が考えられる。計算機に関連する他の記録装置に加え、計算機は周辺機器である磁気記録装置へ情報を書き込んだり、磁気記録装置から情報を読み込んだりする。代表的な磁気記録装置を図5に示す。

【0018】

磁気記録装置は下記機構を有している。

- (1) 記録媒体H1：円盤状の形状をしており、同心円状に信号が記録されている。
- (2) 磁気ヘッドH2：浮動型のスライダーに信号の記録、再生を行なう素子を搭載。
- (3) 位置決め機構H3：媒体上に磁気ヘッドを位置決めする機構であり、連結アームとボイスコイルモータを用いて、通常、ディスクの半径方向に動く。記録媒体及び磁気ヘッドの断面図を図6に示す。ヘッドはエアーベアリング表面（AB

S) を形成するためにラップ仕上げされ、ABSはエアーベアリングにより記録媒体の表面から間隔を維持する。読み取りヘッドは、上部シールドS1と下部シールドS2間に挟まれたGMRセンサ1を有している。書き込みヘッドはコイル層Cと絶縁層I2を有し、それら絶縁層I1とI3間に挟まれ、またその絶縁層I1, I3も第一磁極片P1と第2磁極片P2に挟まれている。第3ギャップG3はその第1磁極片P1と第2磁極片P2のABSに隣接した先端間に挟まれ、磁気ギャップを形成する。書き込みの際には、信号電流がコイル層Cを通して導かれ、かつ磁束がエアーベアリング表面で漏洩する。漏洩した磁束は記録媒体の下にある軟磁性膜を経由して磁気ヘッドに帰還する。この磁束により、書き込み操作の間に磁性媒体上の周回トラックを垂直方向に磁化する。読み出しの際には、回転する磁性媒体の磁化された領域は磁束を読み出しヘッドのGMRセンサに注入し、GMRセンサ1内部で抵抗変化をおこす。この抵抗変化はGMRセンサの電圧変化として検出される。上記したGMR読み出しヘッドを有する通常の磁気ディスクドライブ、磁気ヘッド及び媒体は本発明を理解するための説明を目的とするものである。本発明の改善点は、200nm以下のトラック幅において、高感度化を行うために自由層を積層フェリ構造としたことにある。

(実施例1)

図1に本発明の実施形態の一つを示す。

【0019】

NiFeなどによる下部シールドS1の上に、Al₂O₃などからなる下部ギャップ層G1を形成し、Ta等からなる下地層11の上にPtMnなどの反強磁性膜12が積層され、その上に固定層としてRuを中間層23として挟んだNiFe等の磁性膜21,22の積層された積層フェリ固定層20を示す。固定磁性層20の上にCuなどにより形成された非磁性導電層13が積層され、非磁性導電層13の上に自由層30が形成される。自由層はRu等の非磁性中間層32を挟む第1の磁性層31と第2の磁性層33を有する積層フェリ自由層30である。さらにその上にTa等の保護膜14が積層されている。

【0020】

第1の磁性層31は強磁性材料より形成されるものであり、NiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成されるものである。また、非磁性中間

層32はRu、Rh、Ir、Cr、Re、Cu等のうち一種またはこれらの合金から形成される。第2の磁性層33は拡散防止層と強磁性材料からなるもので、強磁性材料としてはNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成される、また拡散防止層としてもNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等で形成されている。図示しないが、自由層30以外の自由層として第2の自由層を設けることもできる。図示しないが、自由層30以外の自由層として第2の自由層を設けることもできる。第2の自由層としては、単層で形成してもよいし、また、自由層30と同様の積層フェリ自由層でもよい。

【 0 0 2 1 】

保護膜14の上にはAl₂O₃などからなる上部ギャップ層G2が示され、その上に上部シールドS2が備えられる。

【 0 0 2 2 】

積層されたセンサ膜の両側はリフトオフプロセスによって除去され、200nm以下の狭いトラックが形成される。リフトオフプロセスにはKrFステパー、KrFレジストを用いている。また、電子ビーム描画によるプロセスを用いることもできる。

【 0 0 2 3 】

図7はマイクロマグネティクスモデルによるGMRヘッドの磁化状態を計算した結果である。横軸は第1の磁性膜31と第2の磁性膜33の飽和磁束密度 B_s と膜厚 t の積の差 $\Delta B_s t$ 、縦軸は再生効率である。これは自由層の平均回転角度が増大することに起因している。

【 0 0 2 4 】

図8に $\Delta B_s t = \text{約} 2 \text{nmT}$ での磁化状態を示した。また、比較のために単層膜での磁化状態も示している。これより、単層膜ではトラック中央部が大きく磁化回転して、トラック中央部の感度が高く、端部の感度が低くなっているのに対し、積層フェリ自由層30ではトラック幅内の感度の分布が改善されており、トラック幅内での磁化回転の不均一性が低減され、感度が向上されていることが明らかである。我々の検討では、単層膜では磁区制御を有効に行うためには薄くすることは困難であり、安定に動作する $\Delta B_s t$ （膜厚差）は最低でも4nmT程度は必要であ

る。一方、積層フェリ自由層30においては1nmTでも磁区制御は可能であり、出力の変動等の磁氣的な不安定性は生じない。つまり、積層フェリ自由層の方が小さなBstの実現が可能である。本計算において明らかのように2nmTにて最大値をとることがわかる。装置より要求される出力1mVを満足するためには再生効率10%以上必要とされる。すなわち、積層フェリ自由層30における最適な ΔB_{st} は1~3nmTの範囲であることが明確とされる。

【 0 0 2 5 】

試作による結果を図9に示す。横軸はトラック幅であり、縦軸は出力である。従来の自由層に対し積層フェリ自由層の方が約1.8倍の高出力化がなされている。従来用いられていたトラック幅が200nmより大きい範囲では出力のばらつきが大きく、実用上は問題である。しかしながら、200nm以下の領域では、ばらつきが大幅に改善されている。このことはアシンメトリーにおいて更に顕著な結果である。

【 0 0 2 6 】

図10にアシンメトリーの結果を示す。トラック幅が200nm以上ではばらつきが非常に大きく、実用化のレベルには至らない。これに対し、200 nm以下の領域では、ばらつきが大幅に改善されていることが、本実験結果によって明らかになった。すなわち、トラック幅が広い場合（200nmより広い場合）は、磁化状態であるバイアス状態のばらつきが大きいことわかる。つまり、200nm以下が作成できなかった従来プロセスでは積層フェリ自由層は実用化ができるレベルではなかったことが明らかである。これと比べ、200nm以下では出力ばらつき、アシンメトリーばらつきが大幅に低減できることを見出すことができた。

【 0 0 2 7 】

つまり、利用率を向上させる方法として、トラック幅が200nm以下において、自由層積層フェリ構造との組み合わせることによって、実現されることを本発明によって明らかにした。

(実施例2)

図11に実施例2を示す。

【 0 0 2 8 】

実施例 1 はボトムスピバルブの構造であるが、実施例 2 はトップスピバルブの構造であり、NiFeなどによる下部シールドの上S1に、Al2O3などからなる下部ギャップ層G1を形成し、Ta等からなる下地層11の上に自由層30が形成される。自由層はRu等の非磁性中間層32を挟む第 1 の磁性層31と第 2 の磁性層33からなる。第 1 の磁性層31は強磁性材料より形成されるものであり、NiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成されるものである。また、非磁性中間層はRu、Rh、Ir、Cr、Re、Cu等のうち一種またはこれらの合金から形成される。第 2 の磁性層33は拡散防止層と強磁性材料からなるもので、強磁性材料としてはNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成される、また拡散防止層としてもNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等で形成されている。図示しないが、自由層30以外の自由層として第 2 の自由層については、実施例 1 と同様に実現できる。

【 0 0 2 9 】

自由層30の上にCuなどにより形成された非磁性導電層13が積層され、その上にRuを中間層23として挟んだNiFe等の磁性膜21,22の積層された積層フェリ固定層20を示す。固定層の上にはPtMnなどの反強磁性膜12が積層され、さらにその上にTa等の保護膜14が積層されている。保護膜の上にはAl2O3などからなる上部ギャップ層G2が示され、その上に上部シールドS2が備えられる。積層されたセンサ膜の両側はリフトオフプロセスによって除去され、200nm以下の狭いトラックが形成される。リフトオフプロセスにはKrFステパー、KrFレジストを用いている。電子ビーム描画によるプロセスを用いることもできる。

(実施例3)

図12に実施例3を示す。

【 0 0 3 0 】

実施例 1、2 ではスピバルブ型のGMRヘッドを示したが、TMRヘッドやCPP-GMRヘッドにおいても同様の効果がある。実施例 3 はトンネル効果型磁気抵抗効果ヘッドの例である。

【 0 0 3 1 】

下部シールドと下部電極を兼ねる下部磁気シールドS1の上に、Ta等からなる下

地層11、PtMnなどの反強磁性膜12が積層され、その上に固定層20としてRuを中間層23として挟んだNiFe等の磁性膜21,23の積層された積層フェリ固定層20を示す。固定磁性層の上にAl₂O₃などにより形成された絶縁層50が積層され、絶縁層の上に自由層30が形成される。この絶縁層を通過するトンネル電流の大きさが、固定層と自由層の磁化方向によって変わることを用いたものである。自由層30はRu等の非磁性中間層32を挟む第1の磁性層31と第2の磁性層33を有し、積層フェリ自由層30を構成している。さらにその上にRu等の保護膜14が積層されている。このように、上部シールドと上部電極を兼ねる上部磁気シールドS2と下部磁気シールドS1にトンネル効果型磁気抵抗効果ヘッドは挟まれて構成される。

【 0 0 3 2 】

第1の磁性層31は強磁性材料より形成されるものであり、NiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成されるものである。また、非磁性中間層はRu、Rh、Ir、Cr、Re、Cu等のうち一種またはこれらの合金から形成される。第2の磁性層33は拡散防止層と強磁性材料からなるもので、強磁性材料としてはNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成される、また拡散防止層としてもNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等で形成されている。図示しないが、自由層30以外の自由層として第2の自由層を設けることもできる。第2の自由層としては、単層で形成してもよいし、また、自由層30と同様の積層フェリ自由層でもよい。

保護膜の上には上部電極を兼ねた上部シールドS1が備えられる。

【 0 0 3 3 】

積層されたセンサ膜の両側はリフトオフプロセスによって除去され、200nm以下の狭いトラックが形成される。リフトオフプロセスにはKrFステパー、KrFレジストを用いている。電子ビーム描画によるプロセスを用いることもできる。

(実施例4)

図13に実施例4を示す。

【 0 0 3 4 】

実施例1ではボトムスピバルブの構造のTMRヘッドでを示したが、実施例2はトップスピバルブの構造のTMRヘッドを示す。NiFeなどによる下部電極を兼

ねる下部シールドS1の上に、Ta等からなる下地層11、自由層30が形成される。自由層はRu等の非磁性中間層32を挟む第1の磁性層31と第2の磁性層33を有する積層フェリ自由層である。第1の磁性層31は強磁性材料より形成されるものであり、NiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成されるものである。また、非磁性中間層はRu、Rh、Ir、Cr、Re、Cu等のうち一種またはこれらの合金から形成される。第2の磁性層33は拡散防止層と強磁性材料からなるもので、強磁性材料としてはNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成される、また拡散防止層としてもNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等で形成されている。図示しないが、自由層30以外の自由層として第2の自由層については、実施例3と同様に実現できる。

【 0 0 3 5 】

自由層30の上にAl₂O₃などにより形成された絶縁層50が積層され、絶縁層の上に自由層30が形成される。この絶縁層を通過するトンネル電流の大きさが、固定層と自由層の磁化方向によって変わることを用いたものである。固定層の上にはPtMnなどの反強磁性膜12が積層され、さらにその上にTa等の保護膜14が積層されている。保護膜の上には電極を兼ねた上部シールドS2が備えられる。積層されたセンサ膜の両側はリフトオフプロセスによって除去され、200nm以下の狭いトラックが形成される。リフトオフプロセスにはKrFステパー、KrFレジストを用いている。電子ビーム描画によるプロセスを用いることもできる。

(実施例5)

図14に実施例5を示す。

【 0 0 3 6 】

実施例3、4ではTMRヘッドについて記述したが、CCP-GMR (Current Perpendicular to Plane) においても同様の効果が得られる。

【 0 0 3 7 】

実施例5はCCP-GMRヘッドの例である。

【 0 0 3 8 】

下部電極を兼ねる下部電極S1の上に、Ta等からなる下地層11、PtMnなどの反強磁性膜12が積層され、その上に固定層20としてRuを中間層23として挟んだNiFe等

の磁性膜21,22の積層された積層フェリ固定層20を示す。固定磁性層の上にNiFeなどにより形成された導電層60が積層され、導電層の上に自由層30が形成される。自由層30はRu等の非磁性中間層32を挟む第1の磁性層31と第2の磁性層33からなる。さらにその上にRu等の保護膜14が積層されている。

【 0 0 3 9 】

第1の磁性層31は強磁性材料より形成されるものであり、NiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成されるものである。また、非磁性中間層はRu、Rh、Ir、Cr、Re、Cu等のうち一種またはこれらの合金から形成される。第2の磁性層33は拡散防止層と強磁性材料からなるもので、強磁性材料としてはNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成される、また拡散防止層としてもNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等で形成されている。図示しないが、自由層30以外の自由層として第2の自由層を設けることもできる。第2の自由層としては、単層で形成してもよいし、また、自由層30と同様の積層フェリ自由層でもよい。

【 0 0 4 0 】

保護膜の上には上部電極を兼ねた上部シールドS1が備えられる。積層されたセンサ膜の両側はリフトオフプロセスによって除去され、200nm以下の狭いトラックが形成される。リフトオフプロセスにはKrFステパー、KrFレジストを用いている。電子ビーム描画によるプロセスを用いることもできる。

(実施例6)

図15に実施例6を示す。

【 0 0 4 1 】

実施例5ではボトムスピバルブの構造のCCP-GMRヘッドであるが、実施例6はトップスピバルブの構造のCCP-GMRヘッドである。NiFeなどによる下部電極を兼ねる下部電極S1の上に、Ta等からなる下地層11、自由層30が形成される。自由層はRu等の非磁性中間層32を挟む第1の磁性層31と第2の磁性層33からなる。第1の磁性層31は強磁性材料より形成されるものであり、NiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成されるものである。また、非磁性中間層はRu、Rh、Ir、Cr、Re、Cu等のうち一種またはこれらの合金から形成される。第2

の磁性層33は拡散防止層と強磁性材料からなるもので、強磁性材料としてはNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等により形成される、また拡散防止層としてもNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等で形成されている。第2の自由層（図示せず）としては、実施例5と同様に実現できる。

【 0 0 4 2 】

自由層30の上にNiFeなどにより形成された導電層60が積層され、導電層の上に自由層30が形成される。固定層の上にはPtMnなどの反強磁性膜12が積層され、さらにその上にTa等の保護膜14が積層されている。保護膜の上には電極を兼ねた上部シールドS2が備えられる。積層されたセンサ膜の両側はリフトオフプロセスによって除去され、200nm以下の狭いトラックが形成される。リフトオフプロセスにはKrFステパー、KrFレジストを用いている。電子ビーム描画によるプロセスを用いることもできる。

【 0 0 4 3 】

【発明の効果】

本発明により、磁気ヘッドの出力ばらつき、アシンメトリーばらつきを大幅に低減する積層フェリ自由層を有する磁気ヘッドを実現することができる。また、狭トラック幅の磁気ヘッドが実現されたことで、高トラック密度が達成され、高密度記録の磁気ディスク、磁気ディスク装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例

【図2】 従来構造1

【図3】 トラックh幅と出力

【図4】 従来構造2

【図5】 磁気記録装置

【図6】 ヘッド及び媒体の断面図

【図7】 計算結果

【図8】 計算結果

【図9】 実験結果1

【図10】 実験結果2

【図 1 1】 本発明の第2の実施例

【図 1 2】 本発明の第 3 の実施例

【図 1 3】 本発明の第 4 の実施例

【図 1 4】 本発明の第5の実施例

【図 1 5】 本発明の第6の実施例

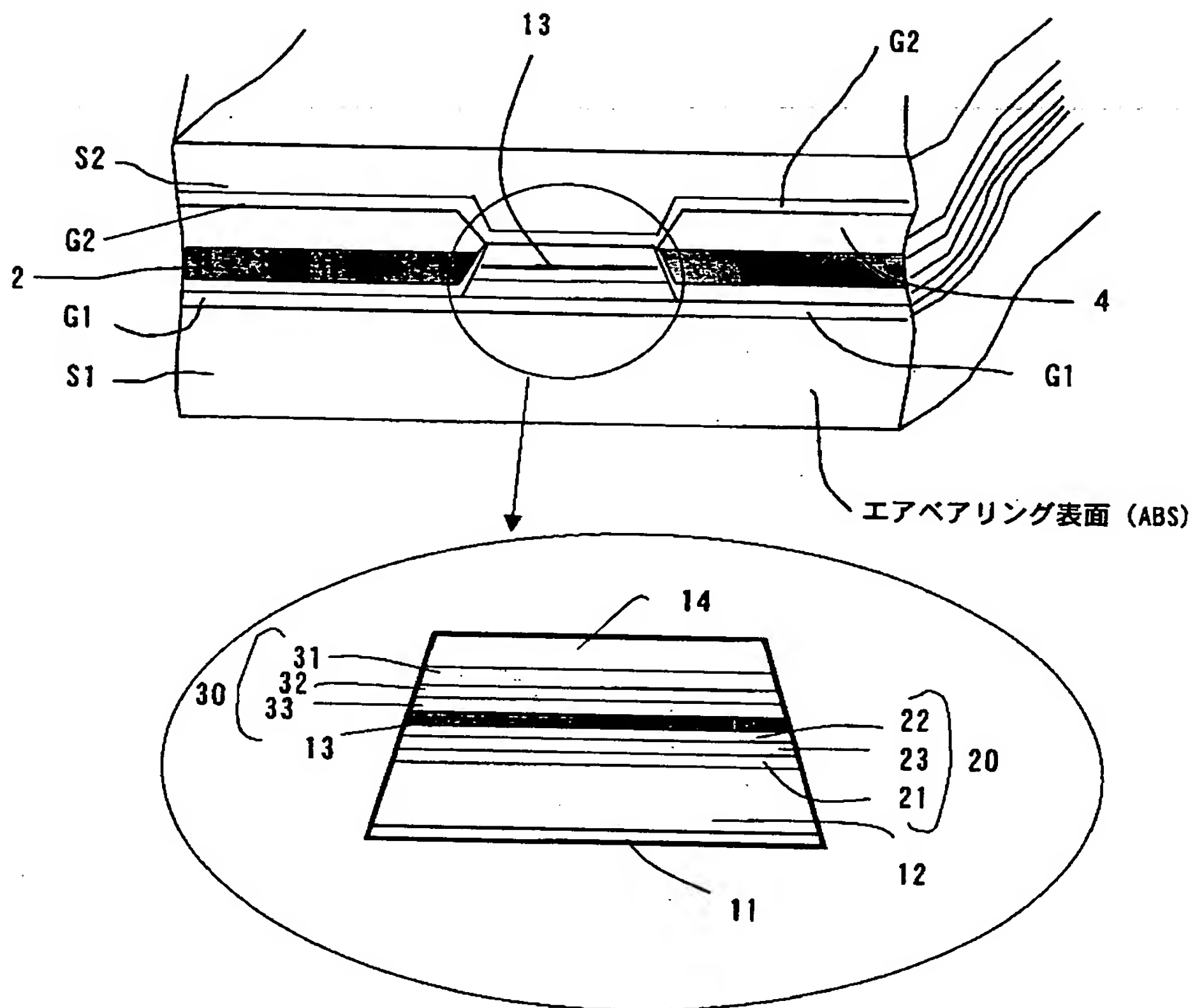
【符号の説明】

S1 下部磁気シールド、 S2 上部磁気シールド、 G1 下部ギャップ、 G2上部ギャップ、 1 磁気抵抗効果膜、 2磁区制御膜、
11下地膜、 12反強磁性膜、 20固定層、 21磁性層、 22分離層、 23磁性層
13非磁性導電層、 30自由層、 31 第 1 磁性膜、 32分離層、 33第2磁性膜
14保護膜、 50絶縁層、 60導電層

【書類名】 図面

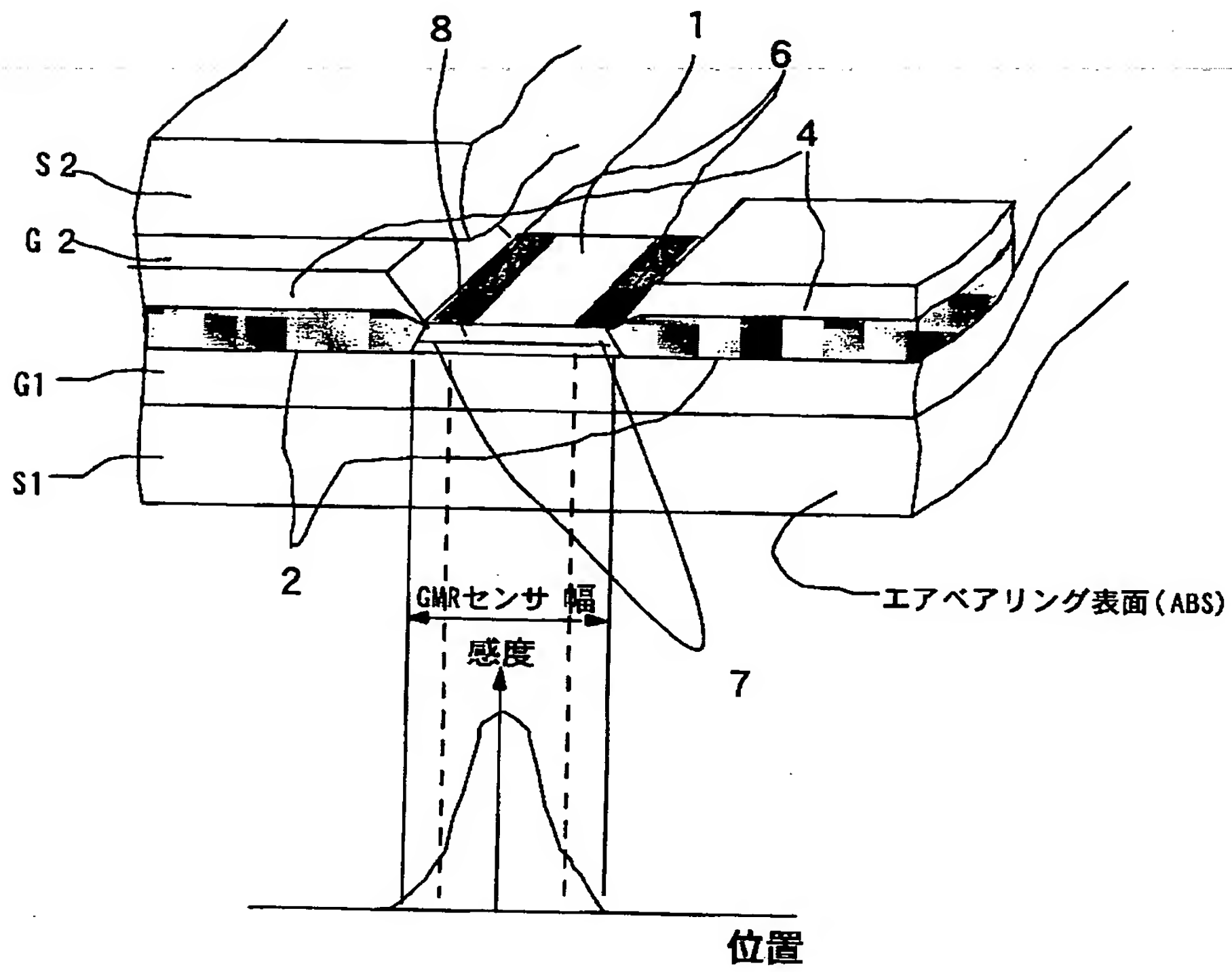
【図 1】

図 1



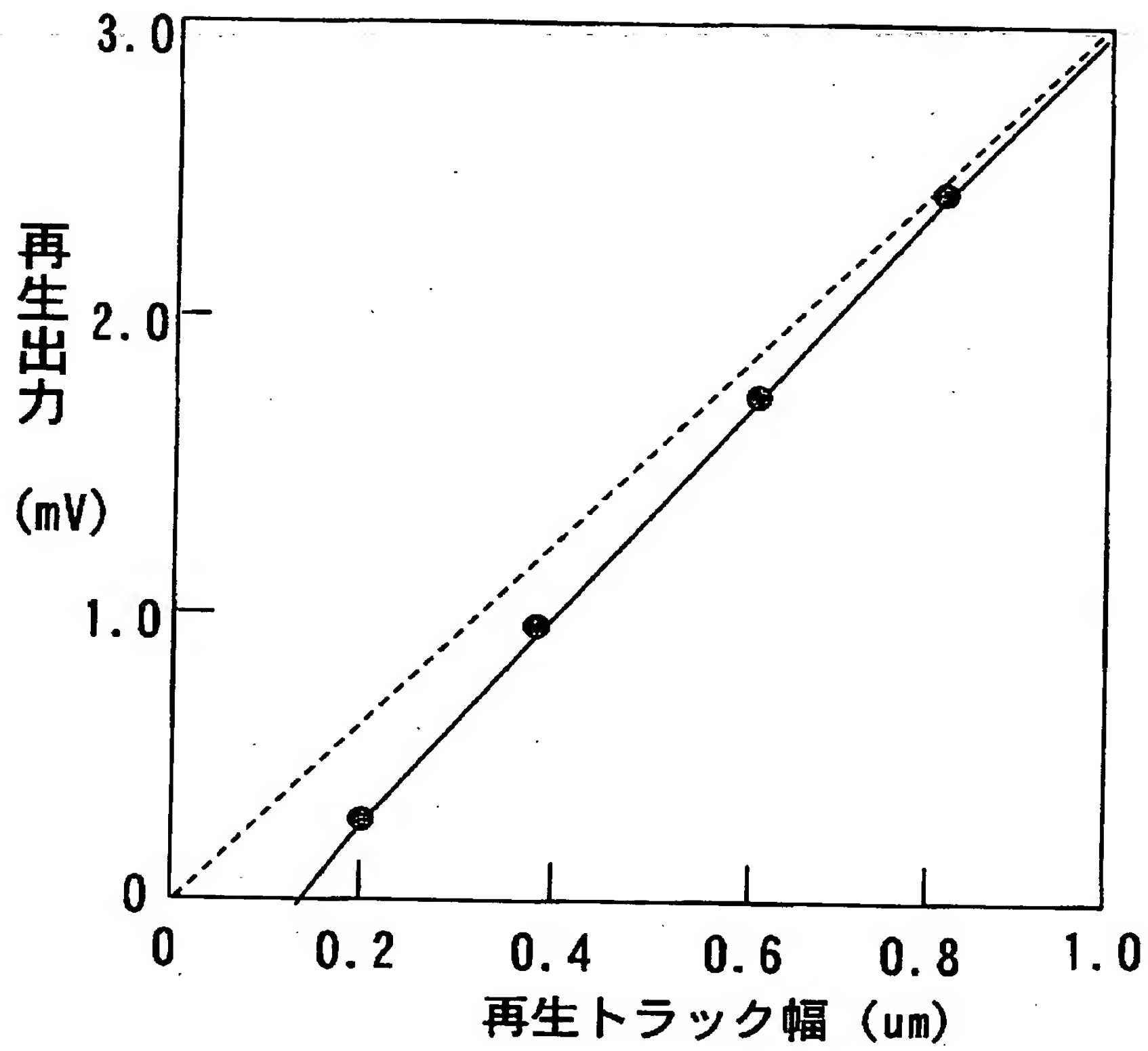
【図2】

図2(従来例1)



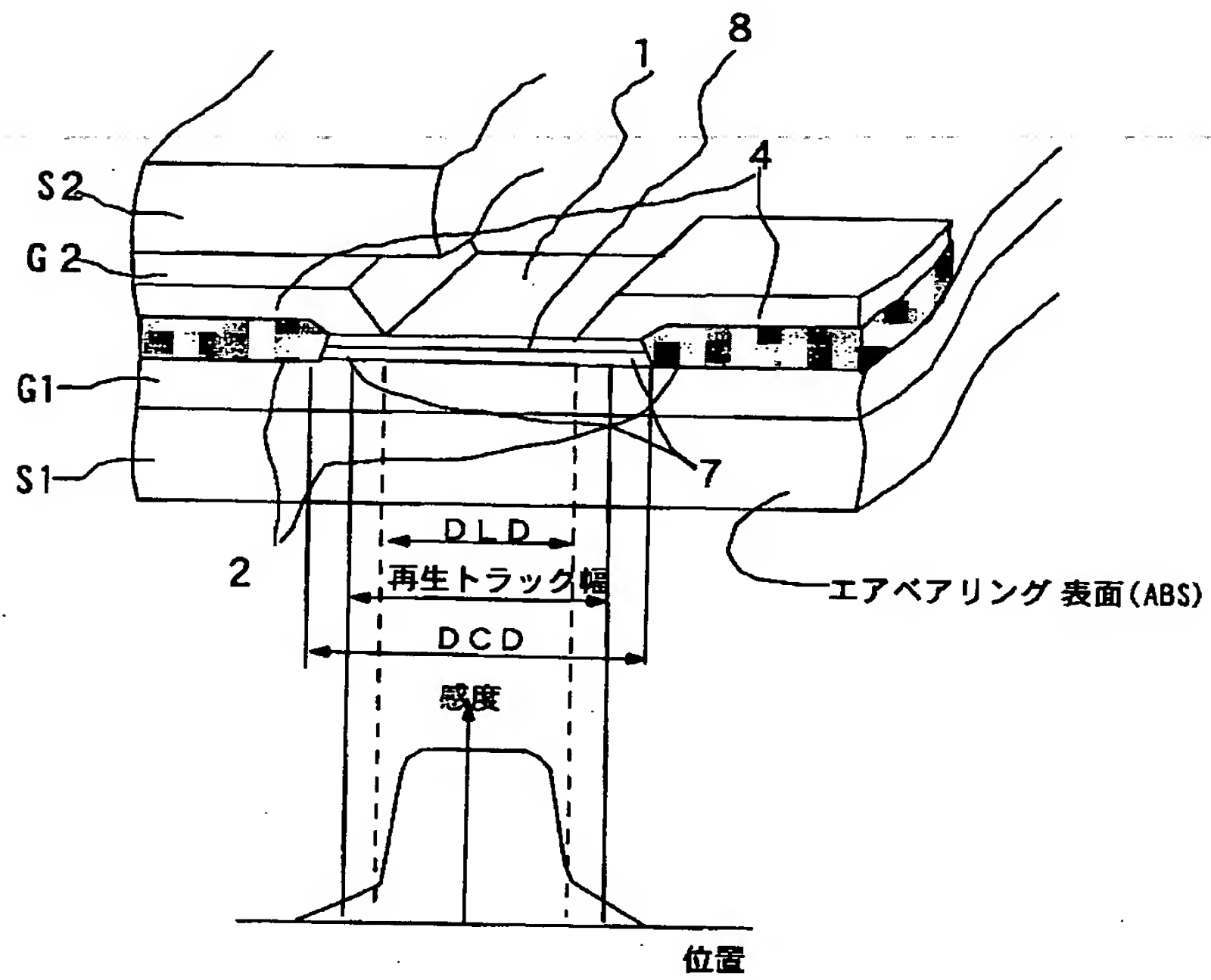
【図 3】

図 3

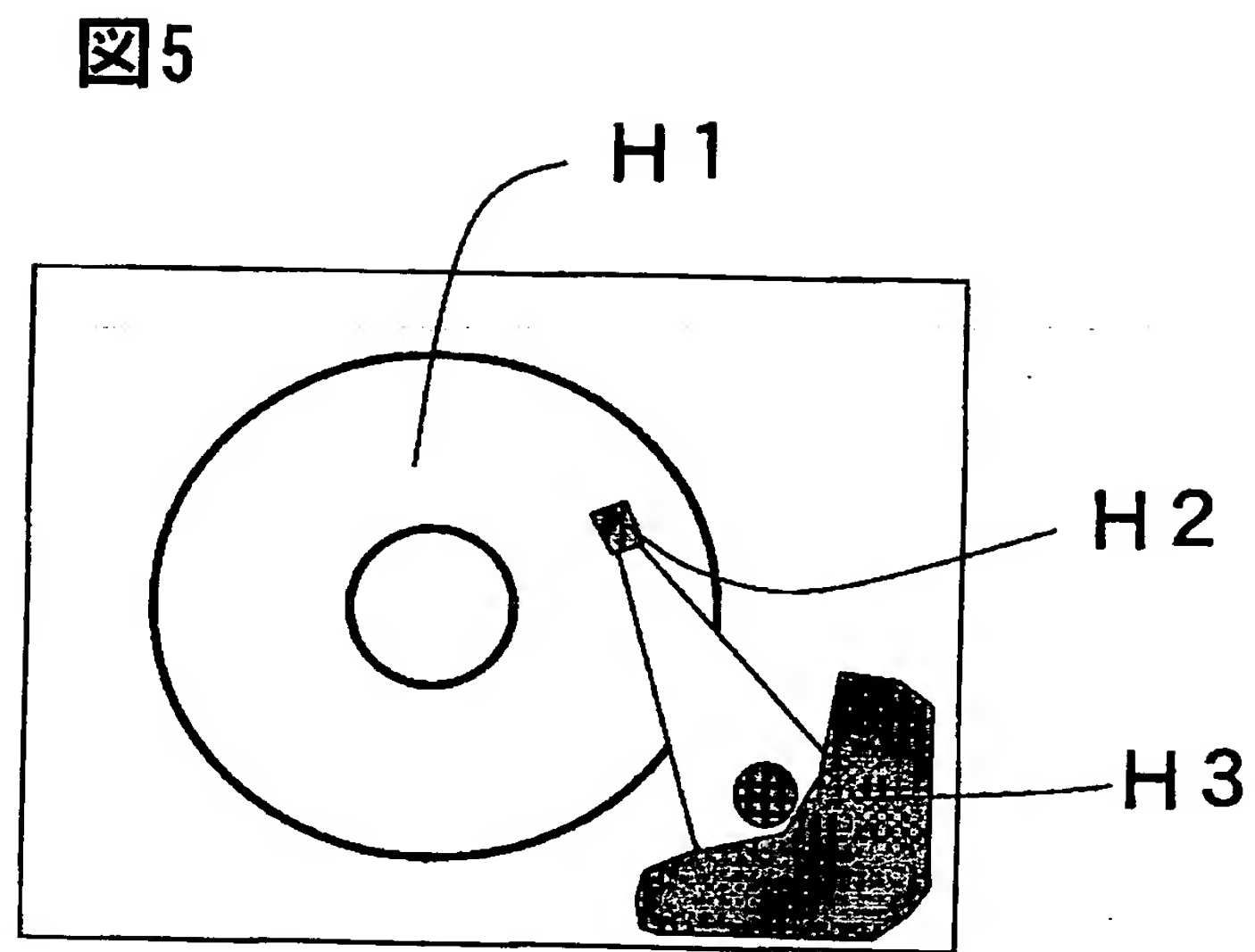


【図4】

図4 (従来例2)

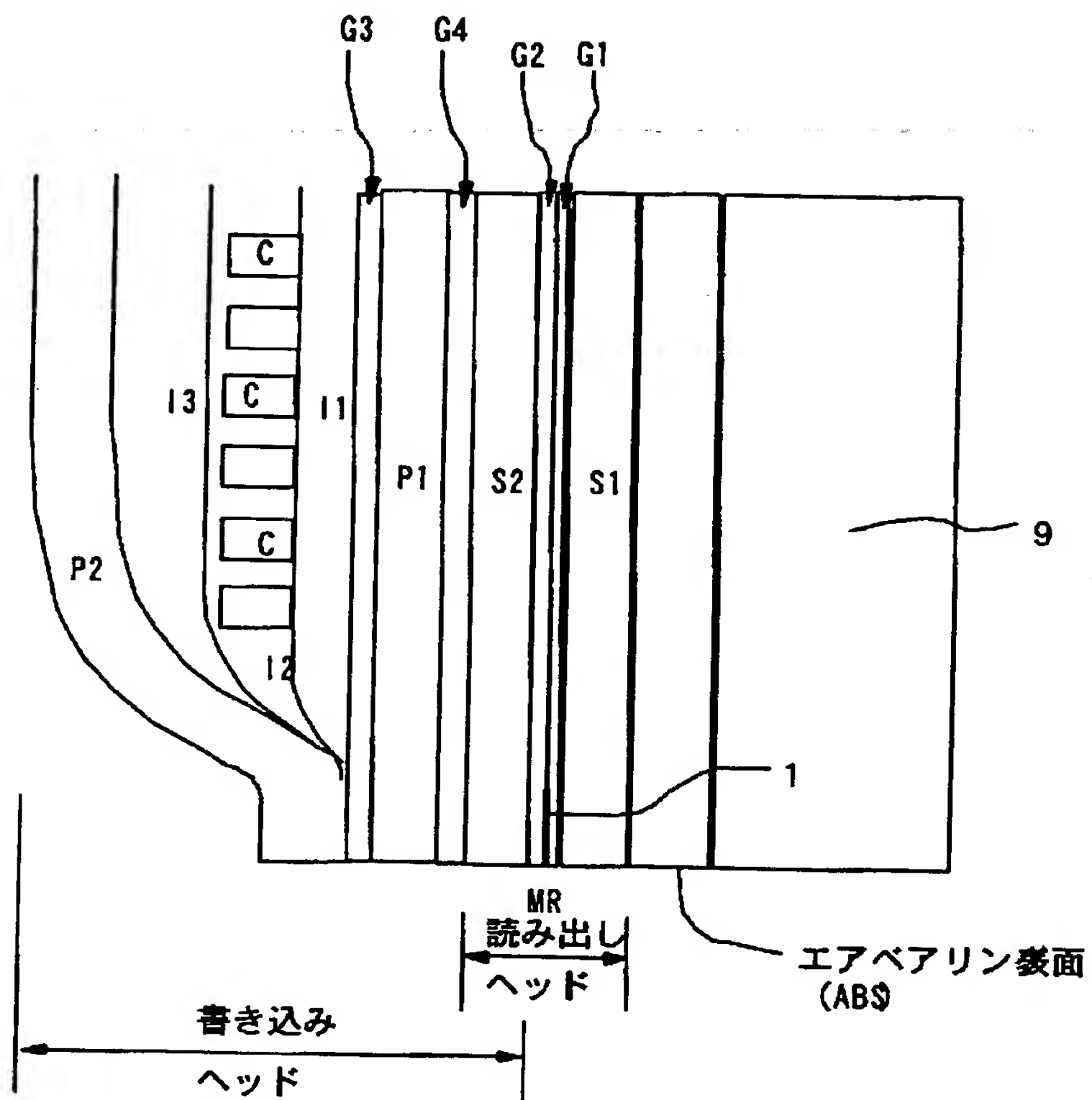


【図 5】



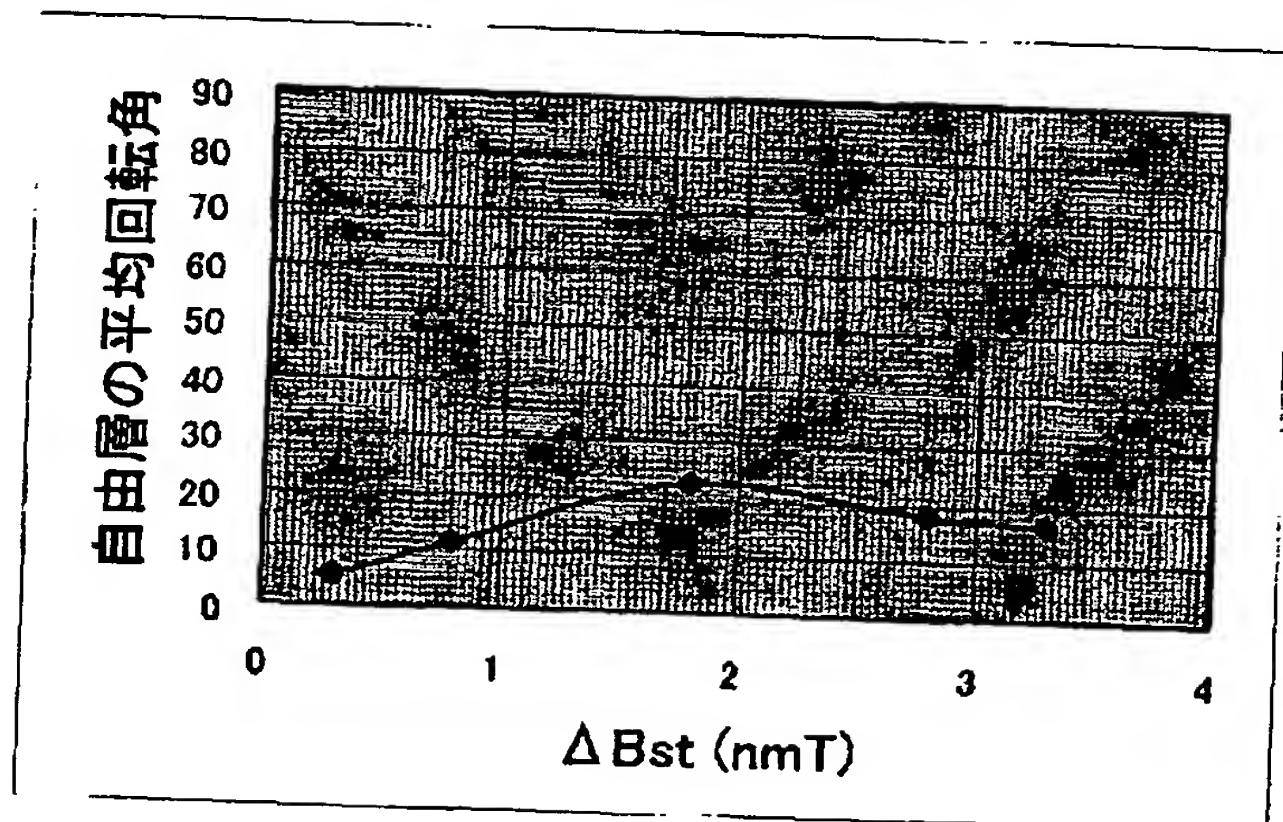
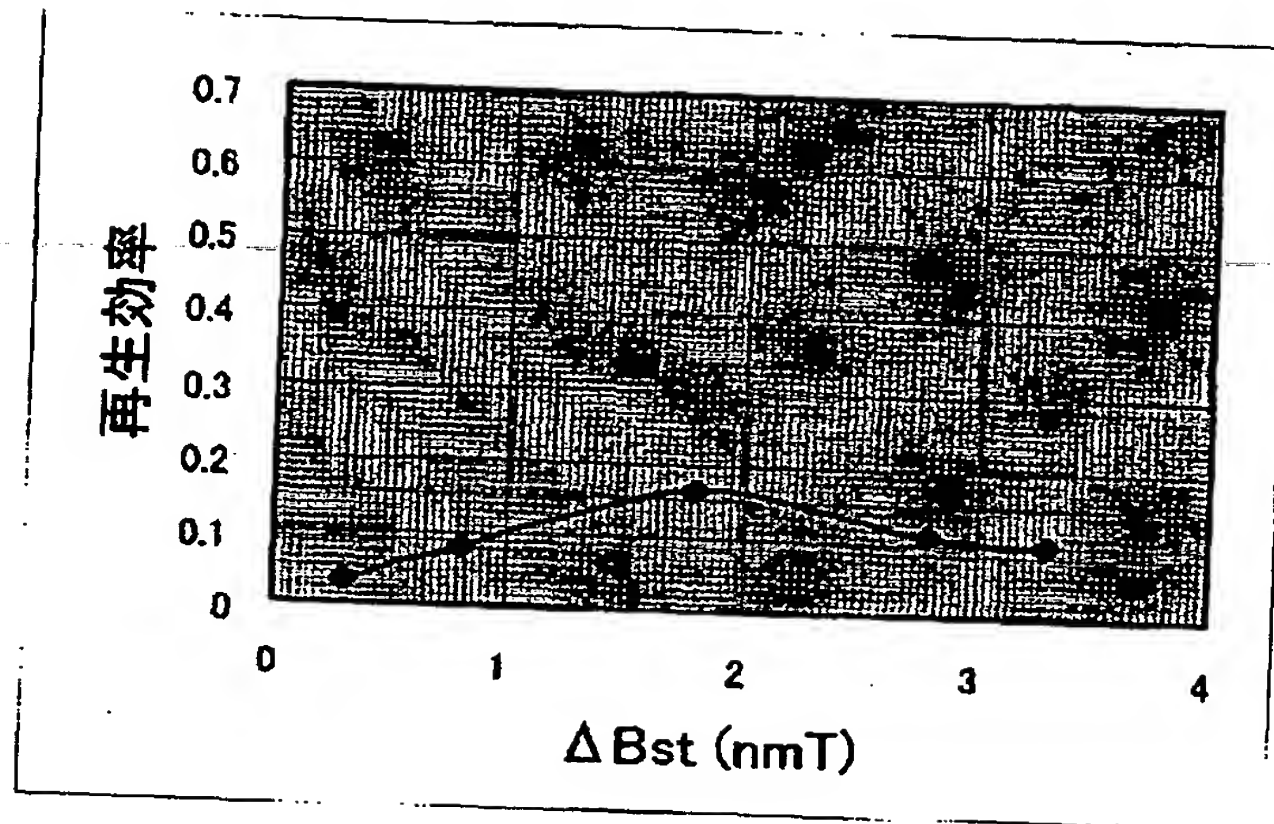
【図 6】

図 6

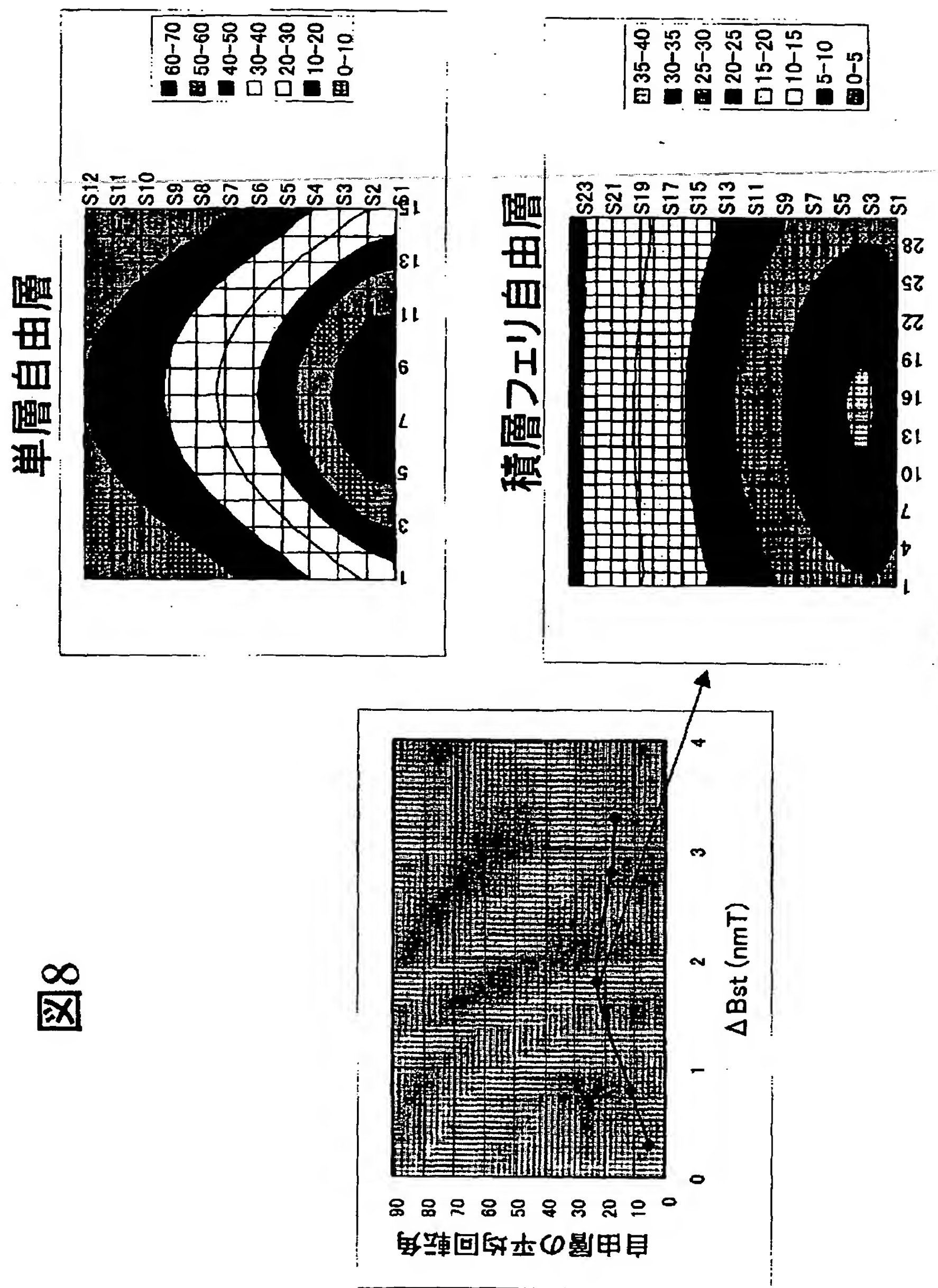


【図7】

図7

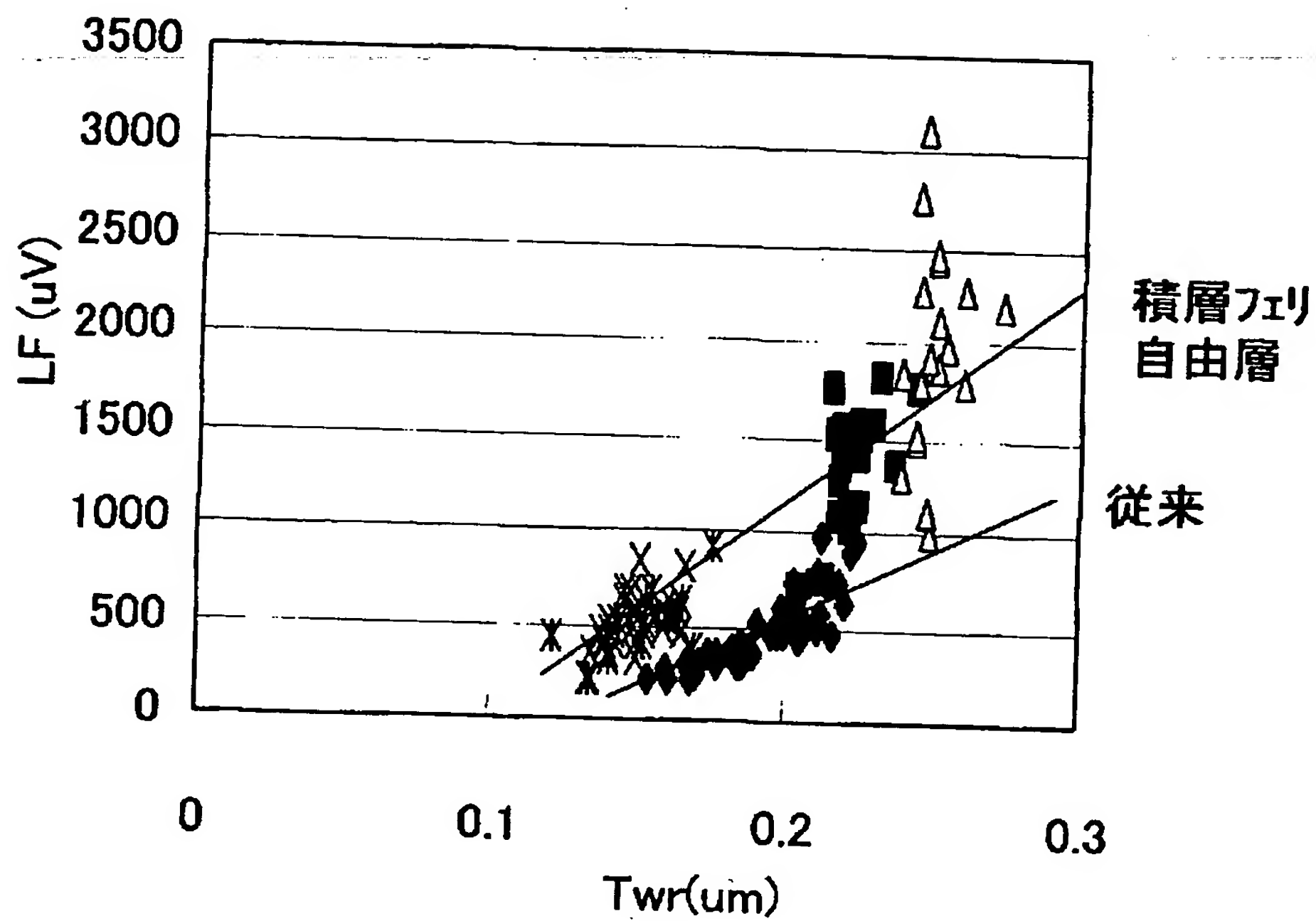


【図 8】



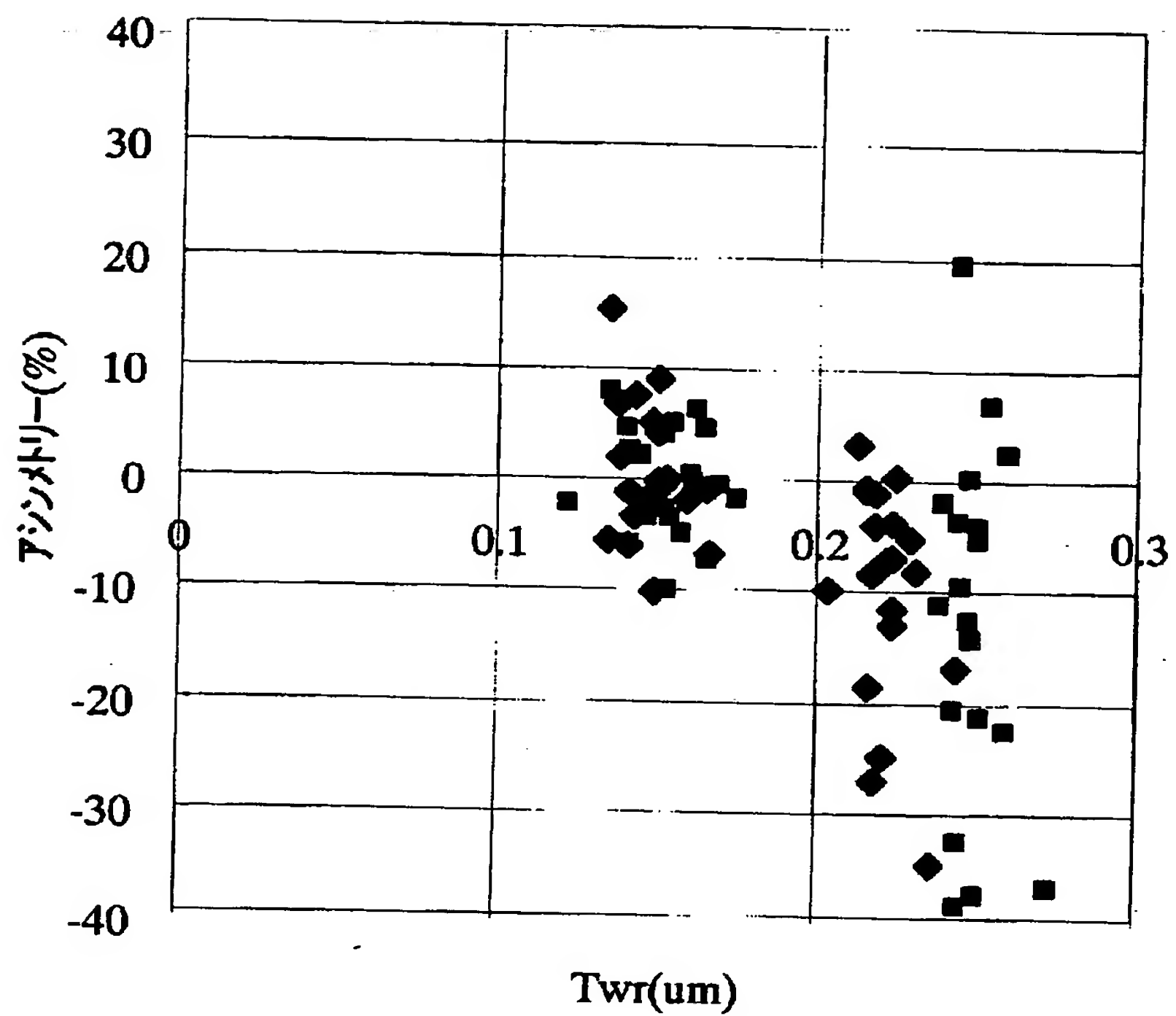
【図 9】

図9



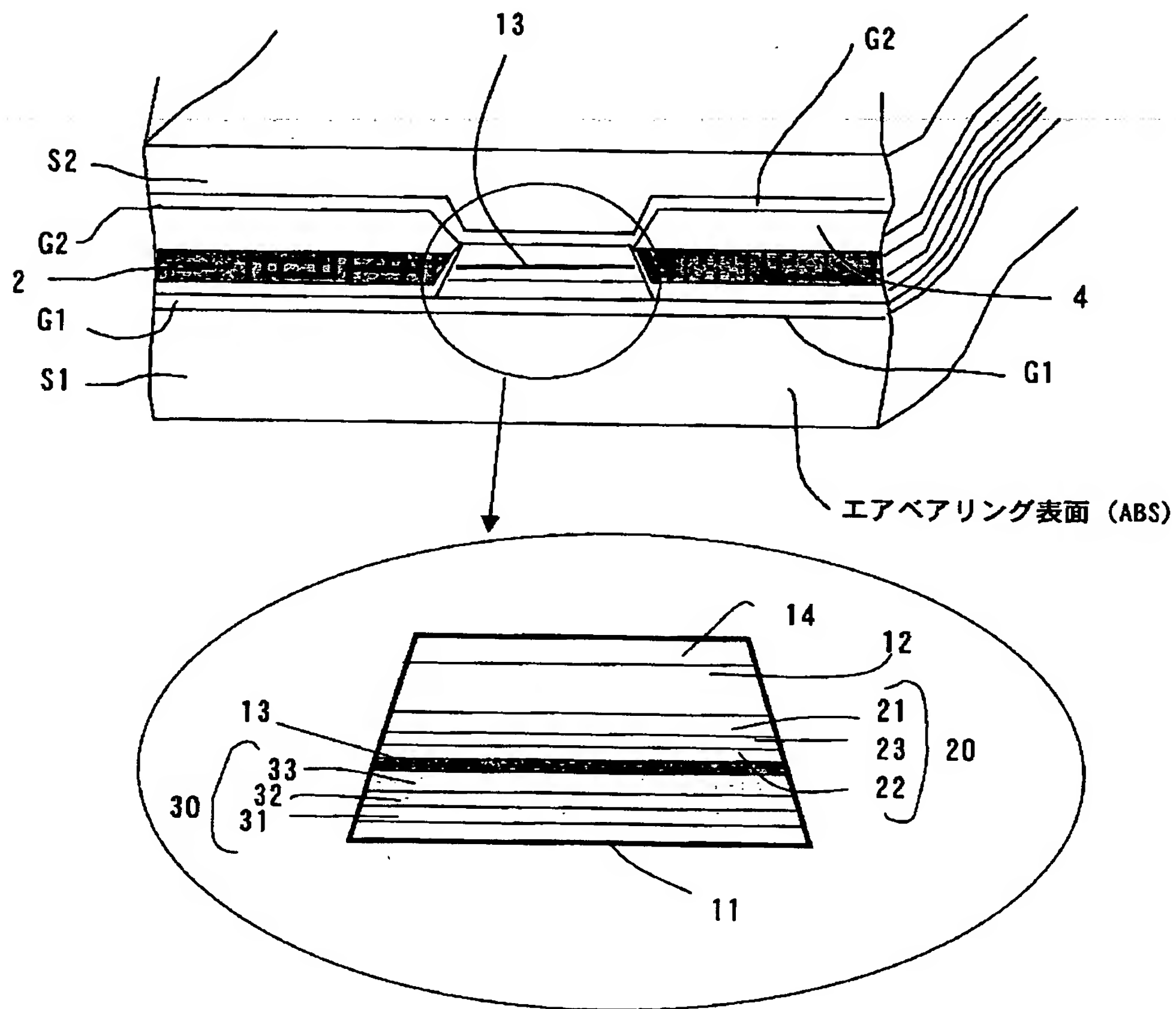
【図 1 0】

図 10

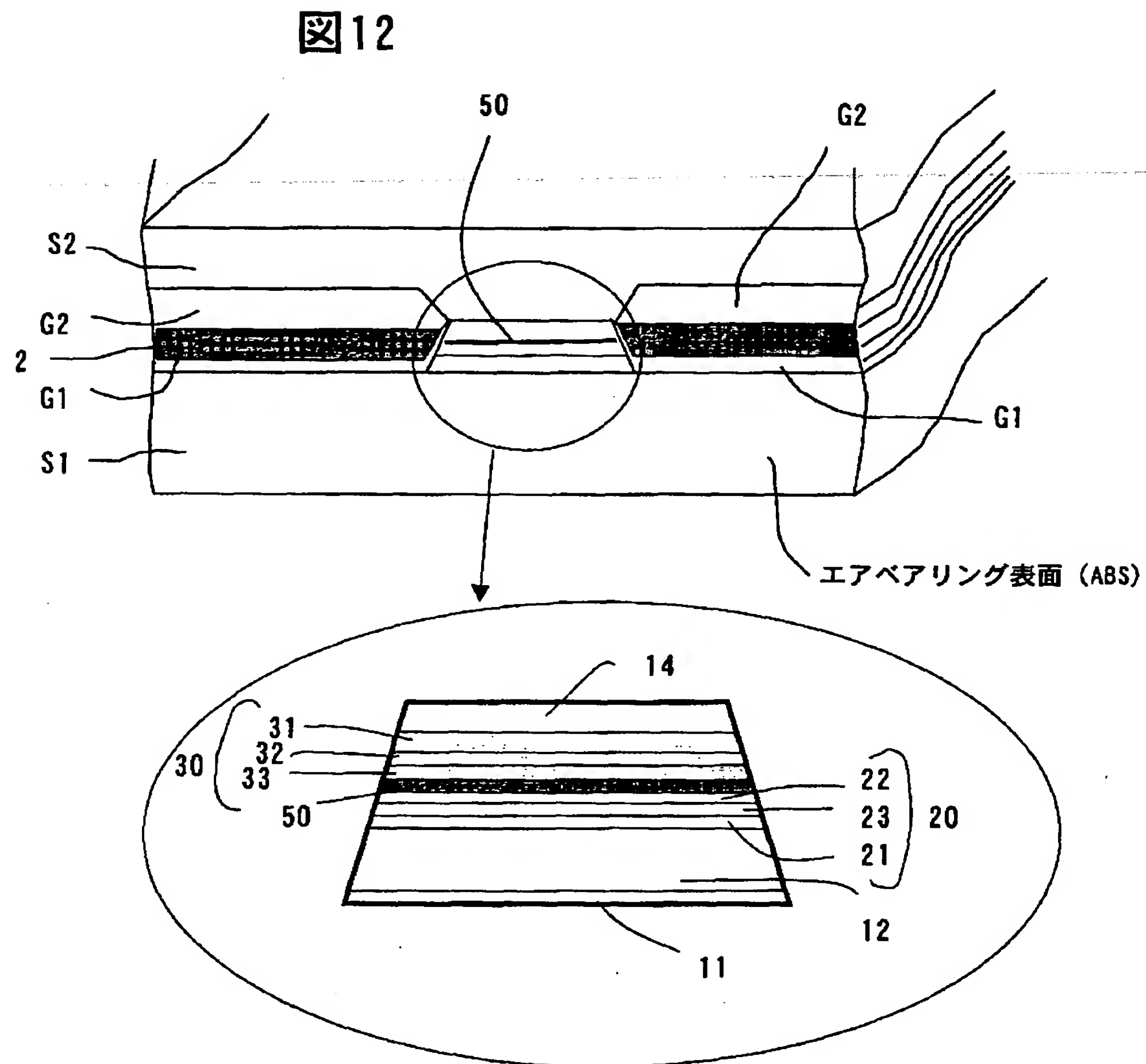


【図 1 1】

図11

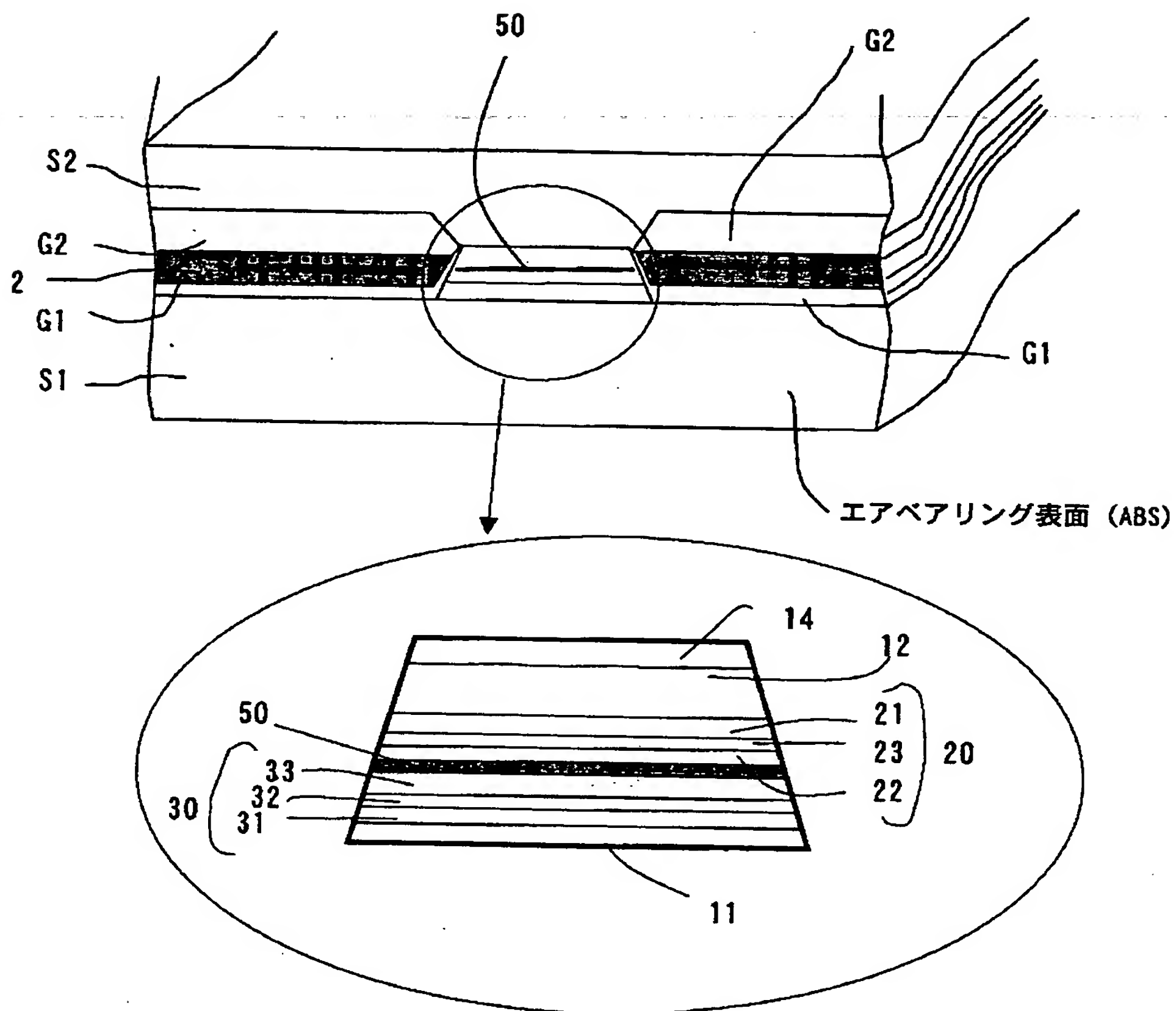


【図12】



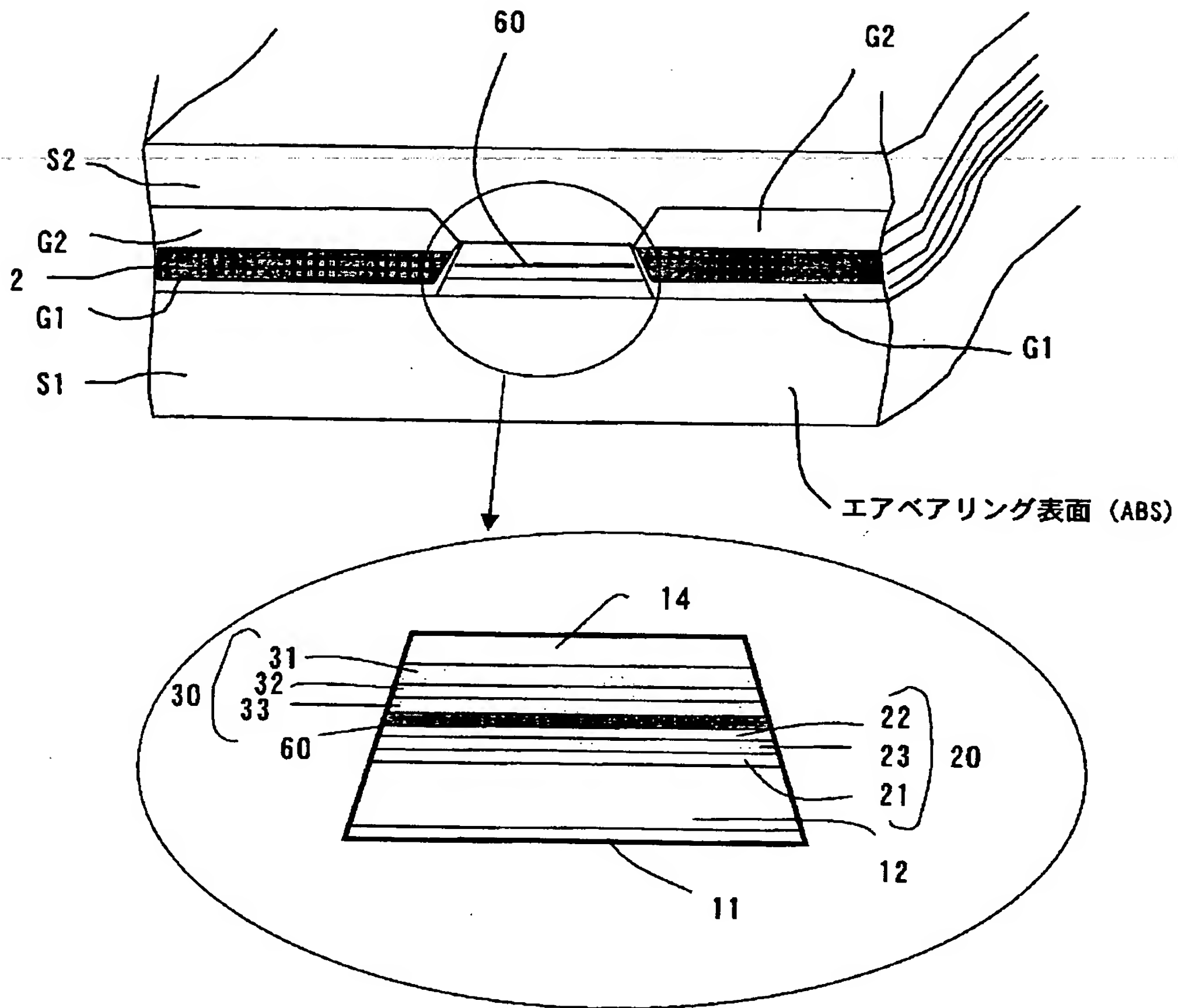
【図 1 3】

図 13



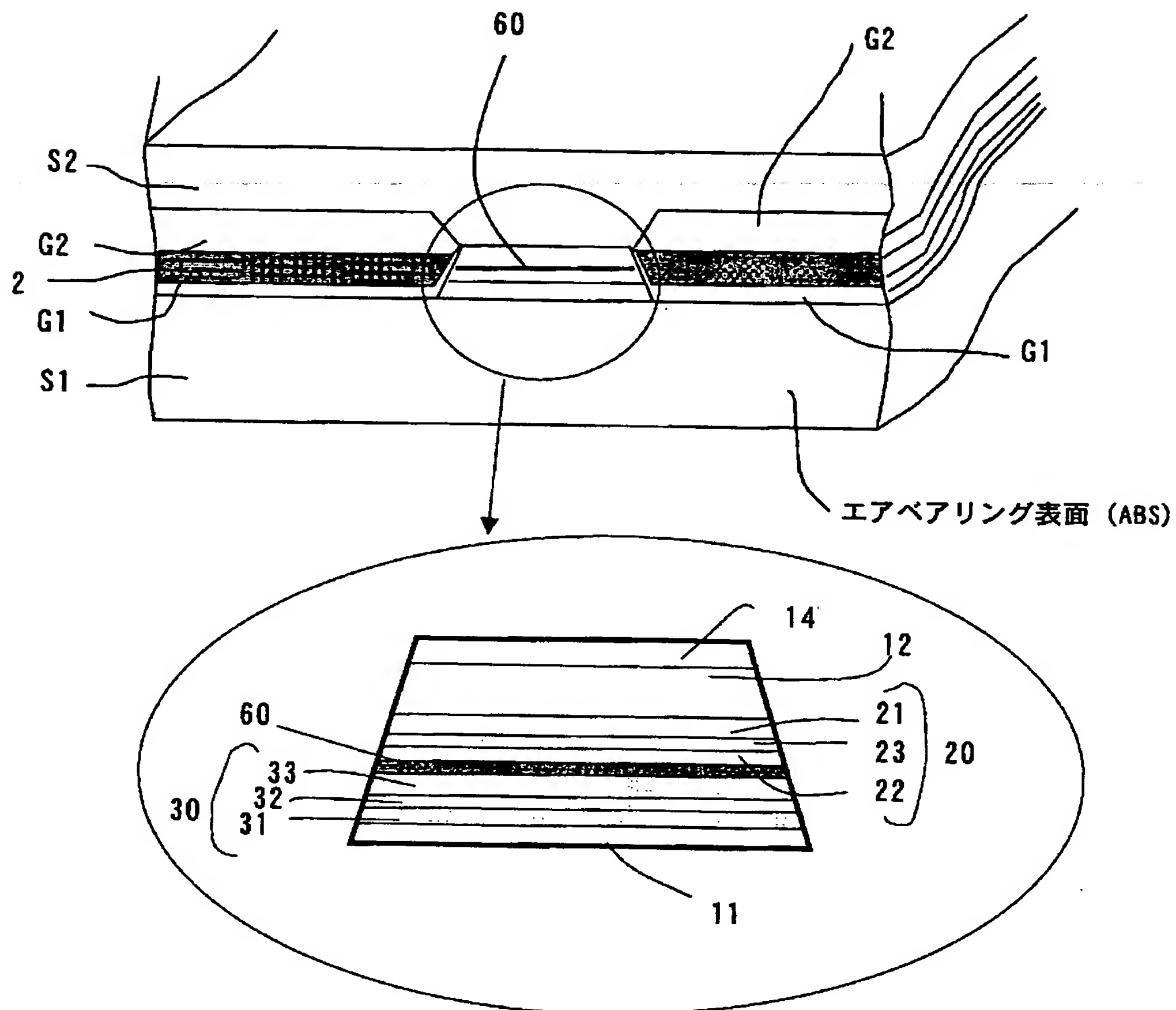
【図 1 4】

図14



【図15】

図15



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

高トラック密度を実現する上で、狭トラックで高い感度で、磁氣的に安定なヘッドを供給する。

【解決手段】

本発明の磁気抵抗効果磁気ヘッドは、反強磁性膜と、反強磁性膜に接して形成されて反強磁性膜との交換結合磁界により磁化方向が固定された固定磁性層と、固定磁性層に接する非磁性導電膜と、非磁性導電膜に接する自由磁性層を備え、自由磁性層は、非磁性中間膜を挟む第1及び第2の自由磁性膜を有し、第1、第2の自由磁性膜の磁化方向が反並行であり、自由磁性層のトラック幅方向の長さが200nm以下であり、第1と第2の自由磁性膜の各々の飽和磁束密度と膜厚との積の差が1～3nmTの範囲とする。これにより、トラック幅が200nm以下のヘッドで、出力ばらつきもアシンメトリーばらつきも大幅に低減された。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 6 7 5 5 2
受付番号	5 0 2 0 1 3 7 1 6 0 3
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 4 年 9 月 1 7 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 9月13日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名 株式会社日立製作所